

Sur la voie de la bio-inspiration

Livret élèves



cité

sciences
et industrie

Sur la voie de la bio-inspiration

La bio-inspiration : c'est quoi ?

La bio-inspiration, c'est s'inspirer des ingéniosités du vivant pour imaginer de nouveaux systèmes. Notamment, la nature peut être source d'inspiration pour développer des produits respectueux de l'environnement tout en étant très performants, offrant ainsi des solutions aux problématiques environnementales actuelles.

Ces solutions permettent d'assurer l'alimentation des humains, de sortir des énergies fossiles, d'inventer une nouvelle chimie, de repenser notre habitat, de prévoir la résilience* de nos outils numériques, de reconsidérer nos modes de vie, voire remodeler nos sociétés.

En arrivant dans la serre explorez les lieux et observez le fonctionnement du monde vivant pour mieux comprendre comment vous en inspirer.

Entrez dans l'exposition en activant tous vos sens : sur le chemin de végétaux et de sons, soyez à l'écoute, observez puis montez les escaliers qui mènent à la serre.

❖ Comprendre le fonctionnement du vivant

Rendez-vous devant les 3 écosystèmes* recréés



Retrouvez-les caractéristiques spécifiques de chacun des écosystèmes. Les panneaux et fiches d'explication vous aideront à relier les propositions ci-dessous :

Récif corallien •	•	<ul style="list-style-type: none">- Abrite de nombreuses espèces- Fait barrière aux tempêtes et à la montée des eaux- Sensible aux variations de température et à l'acidité- Menacé par le réchauffement climatique.	•	•	<p>Cet écosystème montre comment les êtres vivants s'inscrivent dans un cycle : la matière organique morte se dégrade pour être ensuite recyclée et servir de matière première à un autre être vivant. La notion de déchet n'existe pas dans le vivant.</p>
Mangrove •	•	<ul style="list-style-type: none">- Composé de feuillages de bois en décomposition, d'une soixantaine de plantes et de mousses	•	•	<p>Cet écosystème montre un exemple de coopération : la symbiose à trois. Dans cette association chacun apporte quelque chose à quelqu'un et aucun ne peut vivre sans l'autre.</p>
Sol forestier •	•	<ul style="list-style-type: none">- Borde 75 % des côtes tropicales et intertropicales- Protège les côtes des tempêtes et de l'érosion- Mais chaque année, il est grignoté par l'activité humaine	•	•	<p>Cet écosystème fonctionne en aquaponie : les poissons de l'aquarium supérieur nourrissent les palétuviers qui nettoient l'eau. L'eau retourne ensuite dans l'aquarium où se trouve les poissons.</p>

*La **résilience**, est la capacité à s'adapter aux perturbations, au changement.

*Un **écosystème** est un ensemble constitué par un milieu, les êtres vivants qui y vivent et qui interagissent entre eux. Il existe un grand nombre d'espèces différentes dans un même écosystème, et de nombreux écosystèmes différents sur Terre : ce sont deux aspects de la biodiversité.

Rendez-vous à la table d'exposition « Coopération entre espèces ».



Elle présente plusieurs formes de coopération entre êtres vivants : trouvez un exemple d'association de commensalisme, c'est-à-dire une association entre deux espèces dont une seule tire profit sans pour autant nuire à l'autre. Pour cela, faites correspondre le couple d'êtres vivants en tournant les deux disques de la table d'exposition.

L'association entre et
est du commensalisme.

La COOPÉRATION est un des fonctionnements fondamentaux des êtres vivants pour lutter contre la compétition. Se nourrir, se reproduire, se protéger, etc., dépendent de la coopération. Créer des symbioses, stimuler les échanges entre les individus est une solution pour survivre.

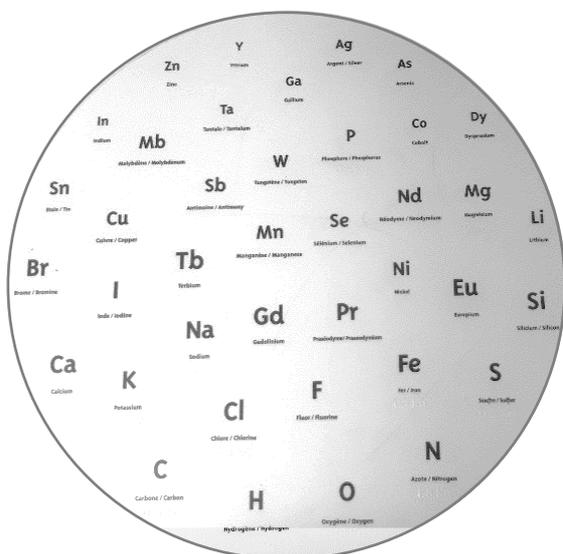
Rendez-vous à la table d'exposition « CHNOP ».



CHNOP ? Mais que signifient ces 5 lettres ?

Elles représentent des atomes : C pour Carbone, H pour Hydrogène, N pour azote, O pour Oxygène et P pour Phosphore. Il existe une grande variété d'éléments chimiques à la surface de la Terre : certains sont rares et toxiques, comme le cobalt (Co), le nickel (Ni), l'argent (Ag). D'autres sont très abondants, peu ou pas toxiques et recyclables à l'infini : c'est le cas des atomes CHNOP.

- Entourez en vert ci-dessous : les éléments chimiques contenus dans le vivant : la nacre, le bois, la laine, la peau, l'humain.
- Encadrez en bleu les éléments chimiques contenus dans un téléphone portable



Comparez le résultat puis notez ci-dessous ce que vous constatez :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Sur Terre, plus de 96 % de la matière vivante est issue de l'assemblage de six atomes : CHNOP plus une pincée d'atomes supplémentaires. Vingt éléments suffisent pour couvrir tous les besoins de la vie sur Terre. Ces éléments « de base » sont abondants, pas ou peu toxiques et recyclables. Les éléments rares et/ou toxiques, non utilisés dans le vivant, ont presque tous été utilisés par les humains pour produire des objets.

Rendez-vous dans l'écosystème forestier, près du bac vitré contenant un extrait de sol forestier en décomposition.



Observez la décomposition en temps réel dans le bac vitré puis en accéléré sur l'écran présentant une série de photos des différentes étapes de décomposition.

Un schéma récapitule les différentes étapes (pour le voir, cliquez sur le « ? »)

Numérotez dans l'ordre chronologique les différentes étapes de décomposition visibles dans ce schéma :



Pour le vivant, la notion de déchet n'existe pas. La mort s'inscrit dans le CYCLE de la vie. Après la mort, la matière organique se décompose, avec l'aide de micro-organismes, de champignons ou d'animaux spécialisés qui s'en nourrissent. Grâce à ce processus biochimique, elle est recyclée et sert de matière première à un autre être vivant.

Rendez-vous à la table présentant l'expérience « La photosynthèse et les conditions d'éclairement »



Observez les conséquences d'une alternance variable jour/nuit sur la production d'une plante grâce au dispositif présenté. Des capteurs qui enregistrent et transmettent en direct sur écran les quantités :

- de dioxyde de carbone (CO_2) ;
- de dioxygène (O_2) ;
- et de biomasse* produites par deux plantes soumises à différents éclairages.

Entourez en rouge les bonnes réponses concernant la plante éclairée durant 12 h, et encadrez en bleu les bonnes réponses concernant la plante éclairée durant 6 h.

consomme plus de dioxygène (O_2) / consomme plus de dioxyde de carbone (CO_2)
produit plus de dioxygène (O_2) / produit plus de dioxyde de carbone (CO_2)
produit plus de biomasse / produit moins de biomasse

Que constatez-vous lorsque la plante reçoit plus de lumière ?

.....
.....

À la lumière, les végétaux réalisent la PHOTOSYNTHÈSE : ils utilisent l'énergie lumineuse et le dioxyde de carbone (ainsi que de l'eau et des sels minéraux) pour produire de la biomasse. Cette réaction libère du dioxygène.
La biomasse produite par les plantes peut ensuite être utilisée comme source d'énergie pour tous les autres êtres vivants (herbivores, carnivores et décomposeurs).

*La **biomasse** est la matière constituant les êtres vivants

Rendez-vous à la table d'exposition « L'action de l'Homme sur la biosphère »

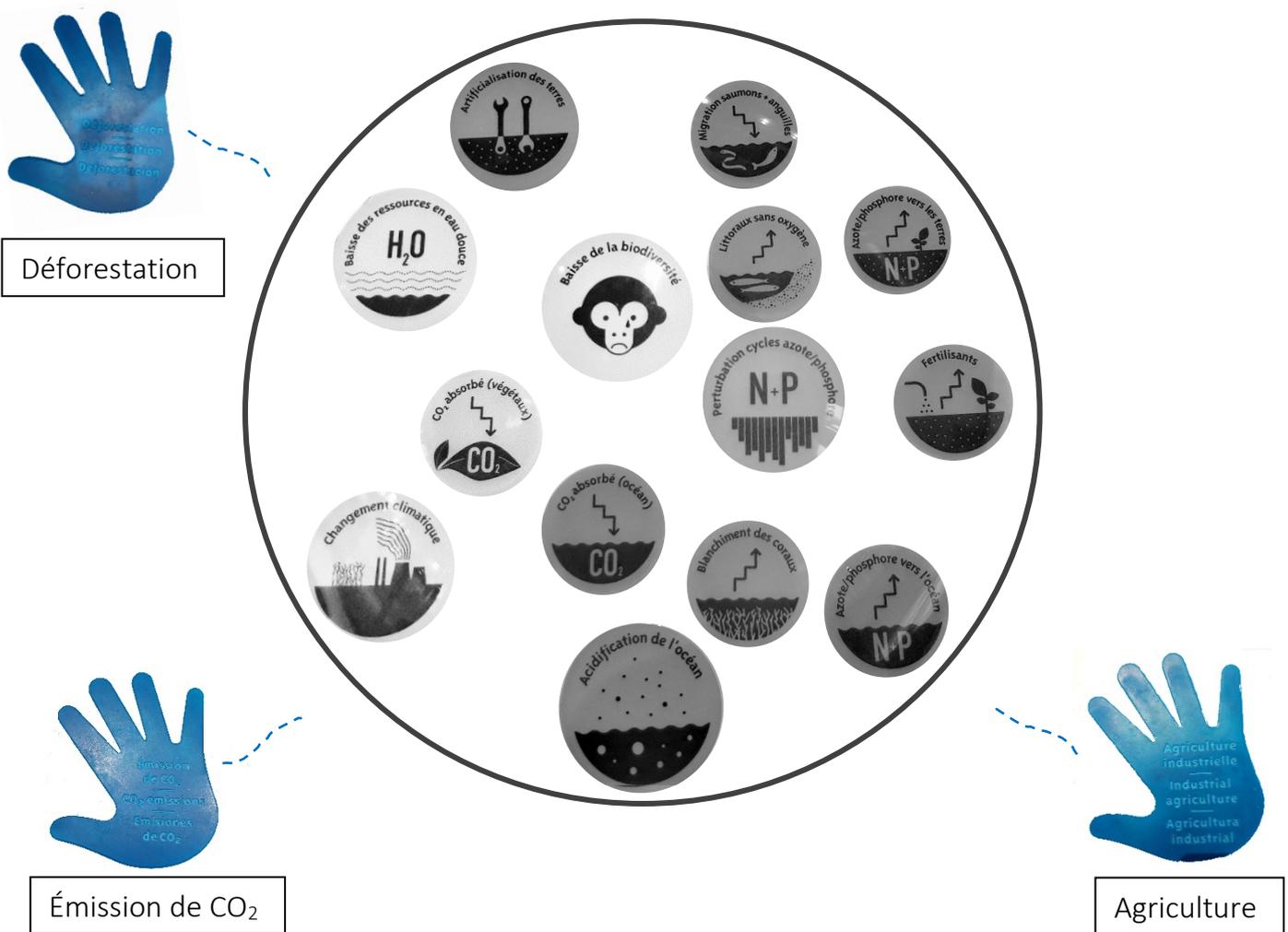


Prenez connaissance des éléments inscrits sur chaque pic de ce dispositif : chacun d'eux correspond à une limite planétaire. Ce sont les seuils que l'humanité ne doit pas dépasser pour ne pas compromettre les conditions favorables dans lesquelles elle a pu se développer et pour pouvoir durablement vivre dans un écosystème sûr.

Posez votre main sur chacun des 3 facteurs de déséquilibre :

- Agriculture industrielle
- Déforestation
- Émission de CO₂

Représentez ces conséquences sur l'illustration ci-dessous en poursuivant les traits en pointillés et en reliant les différentes limites dépassées lors de l'activation de chacun de chacun des trois facteurs :



Quelles sont les conséquences de ces facteurs sur les limites planétaires ?

.....

.....

Si un équilibre de la BIOSPHERE* est perturbé, d'autres sont automatiquement impactés, par effet ricochet, provoquant ainsi le franchissement des seuils critiques des limites planétaires. Ces limites sont ainsi en interaction les unes avec les autres.

* La **biosphère** désigne l'ensemble des êtres vivants et des écosystèmes sur Terre

La COOPÉRATION, les éléments CHNOP, le CYCLE de la vie, la PHOTOSYNTHESE et la BIOSPHERE, sont quelques-uns des mots-clés qui définissent le « cahier des charges du vivant » guidant la démarche bio-inspirée.

C'est en essayant de répondre à chacun des points de de cahier lors de nos activités humaines que notre espèce sera vraiment durable et résiliente.

❖ La voie de la bio-inspiration

Les voies de la bio-inspiration sont multiples et prometteuses. Face aux défis environnementaux du XXI^e siècle, elles permettent d'imaginer **des solutions innovantes, durables et respectueuses de la planète**. Découvrez quelques exemples de solutions bio-inspirées :

Rendez-vous à la table d'exposition « Inventer une nouvelle chimie »

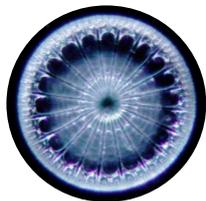


1 – Touchez chaque moulage pour les découvrir.

2 – Touchez en même temps le moulage d'un organisme vivant (en vert) au produit bio-inspiré associé (en bleu) pour lancer un petit film d'animation décrivant son processus de fabrication et la démarche de bio-inspiration.

Reliez ci-dessous l'organisme et le produit bio-inspiré associé, puis nommez et dessinez dans l'encadré le matériau bio-inspirée.

Organismes vivants



Produits bio-inspirés



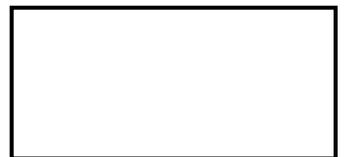
Matériaux bio-inspirés



.....



.....



.....

La chimie classique industrielle repose sur l'utilisation d'une haute température et/ou d'une pression élevée, de substances chimiques toxiques et non recyclables et sont parfois issues de ressources rares. Ces procédés polluent, consomment beaucoup d'énergie et produisent du dioxyde de carbone.

S'inspirer des processus utilisés dans le vivant permet de repenser toute la chimie.

Rendez-vous à la table d'exposition « Repenser notre habitat »



Observez la maquette de l'immeuble de bureaux biomimétique (Biomimetic Office Building - BOB) de l'architecte Michael Pawlyn. Il s'agit d'un véritable laboratoire de recherche en architecture bio-inspirée.

Notez sous chaque structure l'organisme vivant dont elle s'inspire parmi ceux de la liste ci-dessous :

Les fleurs de Tournesol, le duvet du manchot, Les revenants (petits poissons), les nervures de feuilles, les os creux des oiseaux, le squelette d'oursin, la termitière.

Triple vitrage garnis d'un isolant thermique fibreux et translucide.
.....



Grande voûte vitrée
.....

Panneaux solaires pivotants
.....

Puits de ventilation
.....

Réflecteurs courbes renvoyant la lumière du jour vers les étages.
.....



Ossature du bâtiment : épaisseur réduite et structures fines
.....

et
.....



La construction d'édifices nécessite aujourd'hui des ressources parfois rares ou toxiques et provoque une artificialisation des terres qui fragilise la biodiversité et les équilibres planétaires.
À l'inverse, l'habitat bio-inspiré qui fonctionnerait tel un système vivant, subviendrait à ses besoins, produirait sa propre énergie, s'intégrerait harmonieusement dans son environnement naturel et rendrait à l'environnement ce qu'il lui emprunte.

Rendez-vous à la table d'exposition « Le coût du clic »



Avez-vous une idée du coût énergétique de vos usages informatiques ?

Grâce au multimédia proposé, retrouvez la quantité de CO₂ émis lors de l'envoi et du stockage d'un fichier numérique. Retrouvez ensuite la solution bio-inspirée qui limiterait le coût énergétique de cet usage.

Le coût énergétique de l'envoi par mail et du stockage pendant un an :

- d'un fichier texte : en g de CO₂ émis
- d'une photo : en g de CO₂ émis
- d'une vidéo courte : en g de CO₂ émis

Quelle solution bio-inspirée pourrait-on utiliser ?

.....

.....

.....

.....

Le coût du numérique est important : fabrication des ordinateurs et des machines comportant de nombreux métaux de plus en plus rares et difficiles à recycler, stockage de l'information consomment une grande quantité d'énergie. Dans ce contexte, nos outils de communication et de stockage sont menacés.

Des techniques innovantes bio-inspirées sont envisagées mais restent encore trop complexes et coûteuses. En attendant, pour stocker de l'énergie, la sobriété* reste la première solution bio-inspirée à adopter.

Rendez-vous à la table d'exposition « Sortir des énergies fossiles ou toxiques »



En coopération (2 ou 3 élèves), répondez au quiz et découvrez des solutions bio-inspirées pour produire une énergie propre.

Reliez ensuite ces organismes à leur nature, au type d'énergie qu'ils produisent, puis aux matériaux qu'ils inspirent.

Organismes vivants



- Microalgues •
- Petits pois •
- Lâcher de ballons sur mars •

Production d'énergie

- Il produit une chaleur supérieure à 100°C •
- Il produit de l'hydrogène par photosynthèse •
- La nuit, il émet des rayonnements infrarouges par fluorescence •

Matériaux bio-inspirés

- La production d'hydrogène à grande échelle
- Des capsules de microalgues à avaler pour produire nous-mêmes de l'hydrogène
- Des batteries de microalgues pour remplacer les batteries actuelles

*La **sobriété**, c'est la modération, la réserve.

Organismes vivants

- Des rations de petits pois sous vide
- La forêt vue par une mouche
- Des cellules végétales



Production d'énergie

- Ils convertissent le rayonnement solaire en électricité
- Ils convertissent le rayonnement solaire en eau
- Ils convertissent l'énergie du vent en sève

Matériaux bio-inspirés

- Une peau qui bronze plus vite
- Un nouveau type de panneau photovoltaïque
- Une éolienne qui tourne plus vite quand il fait beau

Pour obtenir de l'énergie, nous brûlons du pétrole, du charbon, du gaz naturel. En plus d'émettre du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, ces combustions polluent l'air.

Il est temps de produire de l'énergie propre, durable et locale. De nombreuses solutions bio-inspirées sont possibles pour diversifier nos sources d'énergie, apprendre à la stocker pour ne s'en servir que lorsqu'il y a besoin.

Rendez-vous à la table d'exposition « Vers une agriculture durable »



Il s'agit de convertir votre exploitation de la monoculture* à la polyculture* en choisissant ce que vous voulez cultiver et à quel endroit.

Positionnez vos cultures et élevages sur le paysage. Lorsque vous serez parvenu à une proposition diversifiée, riche en biodiversité et préservant les sols, reliez les cultures et élevages ci-dessous à l'endroit du paysage choisi en traçant une flèche :



Pour assurer la diversité alimentaire tout en préservant la terre, l'agroécologie tient compte des équilibres de la nature et vise à plus de coopération entre les cultivateurs, les êtres vivants et la biosphère. Une exploitation agricole peut préserver les sols, augmenter la biodiversité et être économiquement viable et résiliente*. Une autre agriculture est possible.

*La **monoculture**, production intensive d'une seule culture.

* La **polyculture**, activité agricole diversifiée.



Crédits

CONCEPTION DU PARCOURS

Valérie Beyssat : professeure relais Universcience

Christelle El Jamali : chargée d'ingénierie de formation Universcience